

# ANÁLISE DE ÍNDICES DE VEGETAÇÃO OBTIDOS DE DADOS DO LANDSAT/TM E DO SPOT/XS<sup>1</sup>

MAURÍCIO ALVES MOREIRA e REGINA PILLIS NITZSCHE<sup>2</sup>

**RESUMO** - O objetivo deste trabalho foi avaliar índices de vegetação (Razão Simples, Diferença Normalizada e Índice de Vegetação Transformado) obtidos sobre as culturas de soja e de milho, a partir de dados digitais do LANDSAT/TM e do SPOT/XS (adquirido em 01/02/89). A área de estudo localiza-se a sudeste do Distrito Federal. Os índices de vegetação foram obtidos a partir da média de níveis de cinza de uma amostra com área de 20 unidades (3,6 ha cada uma), alocada sobre as culturas estudadas. Os resultados foram avaliados através da análise de correlação de índices iguais, porém, provenientes de sistemas sensores diferentes. De acordo com os resultados desta pesquisa conclui-se que: índices de vegetação iguais foram bastante correlacionados entre si, independentemente da cultura estudada, quando obtidos pelos diferentes sensores; e, a menor correlação (0,72) verificada foi sobre a cultura da soja para o índice de vegetação transformado.

Termos para indexação: sensoriamento remoto, culturas de soja e do milho.

## ANALYSIS OF VEGETATION INDICES FROM LANDSAT/TM AND SPOT/XS DATA

**ABSTRACT** - The objective of this work was to evaluate vegetation indices (Simple Ratio, Normalized Difference and Transformed Vegetation Index) obtained on soybean and corn crops, from LANDSAT/TM and SPOT/XS data (acquired on Feb. 01, 1989). The study area is located in the southeast of Distrito Federal - Brazil. The vegetation indices were obtained from averaged values of digital numbers from 20 units (3.6 ha each one) sampled on the studied crops. The results were analysed through correlation method for equal indices but come from different sensor systems. According this research it was concluded that: the same vegetation indices were highly correlated both for soybean and corn crops and both for LANDSAT/TM and SPOT/XS; and, the lowest observed correlation (0.72) was over the soybean crop for the Transformed Vegetation Index.

Index terms: remote sensing, soybean and corn crops.

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de metodologias para avaliação de áreas plantadas com culturas agrícolas, utilizando dados orbitais tem sido constante alvo de interesse do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE.

Todavia, um sistema de previsão de safras agrícolas requer o conhecimento tanto da área plantada, com uma determinada cultura, quanto de produtividade. A produção é resultante

da multiplicação da área plantada pela produtividade das culturas agrícolas.

Pesquisas que dizem respeito à produtividade agrícola, e que levam em consideração dados orbitais, tiveram maior impulso no INPE a partir do ano de 1985. Desde então, alguns pesquisadores têm dedicado esforços no sentido de desenvolver modelos de produtividade para as culturas da soja, do trigo e da cana-de-açúcar (Rudorff 1985, Rudorff & Batista 1989, Rudorff et al. 1989, Batista et al. 1989, Rudorff et al. 1990). Estes modelos combinam índices de vegetação obtidos a partir de dados orbitais com dados agrometeorológicos.

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 7 de janeiro de 1991.

<sup>2</sup> Pesquisadores do INPE, M.Sc. em Sensoriamento Remoto, Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE, CEP 12201, São José dos Campos, SP.

Para obter os índices de vegetação das culturas supra citadas, sempre se utilizaram dados digitais obtidos pelos satélites da série LANDSAT, atualmente com resolução temporal de 16 dias. Entretanto, é sabido que esta resolução temporal, apesar de não ser adequada, é apenas teórica quando se leva em conta cobertura de nuvens.

Por outro lado a agricultura é muito dinâmica, isto é, mudanças repentinas causadas por efeitos climáticos, ataques de doenças e pragas, podem afetar drasticamente determinada cultura em curto espaço de tempo, comprometendo assim sua produtividade. Desta forma, para se fazer um acompanhamento mais efetivo da produtividade ao longo do ciclo da cultura, através de dados orbitais, seria necessário dispor-se de satélite com alta resolução espacial (geométrica) e temporal, principalmente, para a agricultura brasileira, onde se tem pequenas e grandes áreas agrícolas com diferentes épocas de implantação.

Com o lançamento do satélite SPOT (22 de fevereiro de 1986) esses problemas podem ser amenizados ao se pensar na utilização intercalada de informações obtidas pelos dois satélites. Com isto, é possível obter dados orbitais em menor espaço de tempo, e, se forem dados do SPOT, com maior resolução espacial.

De acordo com este ponto de vista, e considerando a disponibilidade de dados orbitais de uma mesma área e do mesmo dia de passagem, o objetivo deste estudo foi comparar índices de vegetação das culturas da soja e do milho provenientes de informações espectrais obtidas através do LANDSAT/TM e do SPOT/XS.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Algumas considerações sobre o LANDSAT/TM e SPOT/HRV

#### LANDSAT/TM

Incorporando avanços e melhorias tecnológicas em relação ao MSS, em julho de 1982 foi colocado em órbita, a bordo do LANDSAT-4, o sensor "Thematic Mapper" (TM), com resolução espacial de 30 m x 30 m para as bandas do visível e do infravermelho refletido. Incluem-se nestes avanços a me-

lhor resolução espacial e o maior número de faixas espectrais (seis bandas no espectro refletido e uma banda no termal) localizadas em novas regiões do espectro eletromagnético e com um maior número de níveis de quantização de dados (256 níveis TM e 64 no MSS), levando a uma maior sensibilidade radiométrica.

Em março de 1984 foi lançado o LANDSAT-5, levando a bordo o TM e o MSS, cujos sensores apresentam as mesmas características daqueles a bordo do LANDSAT-4.

A órbita do LANDSAT-5 é a sol-síncrona, e feita a uma altitude nominal de 705 km quando sobre o equador. O satélite cruza o equador aproximadamente às 9:45 h e possui uma resolução temporal de 16 dias.

Apesar de o sensor TM operar em sete bandas espectrais distintas, neste trabalho foram utilizadas informações espectrais registradas somente na banda 3 (630-690 nm) e na banda 4 (760-900 nm) visível e infravermelho próximo, respectivamente.

#### SPOT/HRV

Em 22 de fevereiro de 1986, a França lançou o primeiro satélite SPOT (Système Probatoire d'Observation de la Terre).

O SPOT, segundo o "Guide des Utilisateurs de Données SPOT (1986)", está colocado numa órbita quase polar, elíptica, e heliossíncrona. O período nominal de resolução do SPOT é de 101,4 minutos, o que permite completar mais de quatorze revoluções por dia em torno da terra. Possui uma resolução temporal de 26 dias. O satélite cruza o equador nas órbitas descendentes às 10:30 h. A altitude nominal aproximada do SPOT no equador é de 830 km. Dentre os subsistemas, o satélite carrega dois instrumentos de imageamento denominados HRV (Hante Résolution Visible); cada um, por sua vez, é dotado de dois sensores: um multiespectral de três bandas (XS), e outro pancromático (PAN). O sistema de imageamento é eletrônico e feito por câmeras denominadas CCD (Charge Compiled Device), enquanto o sistema de imageamento do sensor MSS e do TM é mecânico.

O modo multiespectral (XS) tem uma resolução espacial de 20 m x 20 m e opera, no espectro eletromagnético, em duas bandas no visível (500-590 nm e 610-690 nm) e uma no infravermelho próximo (790-890 nm). Neste trabalho utilizou-se informações espectrais registradas na banda 2 (610-690 nm) e banda 3 (790-890 nm).

### Transformação de dados orbitais em índices de vegetação

O ideal seria que um índice de vegetação fosse bastante sensível à vegetação e insensível às variações de fundo (solo e sombra), além de ser pouco influenciado pela atmosfera, como sugere Jackson et al. (1983). Entretanto, não se dispõe de nenhum índice que atenda a todos estes requisitos e os autores sugerem que para o acompanhamento de uma cultura, ao longo de seu ciclo, sejam utilizados dois ou mais índices.

Evidentemente, não se pretende esgotar aqui uma análise completa de todas as pesquisas que vêm sendo conduzidas neste contexto. Neste trabalho procurou-se fazer uma análise do conteúdo de informações espectrais de dados do LANDSAT/TM e do SPOT/XS, através de três índices de vegetação (Razão Simples, Diferença Normalizada e Índice de Vegetação Transformado), que são os principais índices utilizados no monitoramento do crescimento de culturas agrícolas e da vegetação. Tais índices são obtidos através das seguintes equações matemáticas:

a) Razão Simples:

$$RS = \left\{ \begin{array}{l} TM4/TM3 \\ XS3/XS2 \end{array} \right.$$

b) Diferença Normalizada (ND):

$$ND = \frac{(TM4 - TM3)/(TM4 + TM3)}{(XS3 - XS2)/(XS3 + XS2)}$$

c) Índice de Vegetação Transformado (TVI):

$$TVI = \frac{\sqrt{(TM4 - TM3)/(TM4 + TM3) + 0,5}}{\sqrt{(XS3 - XS2)/(XS3 + XS2) + 0,5}}$$

### SITIM-150

O Sistema de Tratamento de Imagens (SITIM) é um sistema destinado à extração de informações a partir de dados de sensoriamento remoto obtidos principalmente por satélite.

O SITIM é constituído basicamente por um mi-

crocomputador (e seus periféricos) e uma visualizadora de imagens composta de um "Hardware" especializado e um monitor de imagens.

A imagem a ser analisada entra no sistema através de fita magnética ou disco flexível. Uma vez armazenada no disco a imagem, ela pode ser visualizada a qualquer momento na tela em escala especificada pelo usuário; a seguir, podem ser realizados os procedimentos de pré-processamento e classificação.

As aplicações de um sistema de tratamento de imagens englobam várias disciplinas, dentre as quais podem ser citadas como principais: Geografia, Ecologia, Agricultura, Floresta, Geologia, Pedologia etc. (SITIM-150 1989).

### Área de estudo

Esta pesquisa foi realizada numa área-teste de intensa atividade agrícola, localizada no Distrito Federal. A área situa-se entre as coordenadas de 15°50'00"S a 16°15'00"S e de 47°25'00"W a 47°45'00"W. Nesta região, para o ano-safra 1988/89, as culturas predominantes foram a soja e o milho.

### Dados orbitais

Os parâmetros espectrais, sobre os quais se fundamentaram as diversas análises dos diferentes índices de vegetação do presente trabalho, provieram dos sensores HRV e TM, os quais foram gravados em Fitas Compatíveis com Computador (CCTs), conforme mostrado na Tabela 1.

### Procedimento

Os índices de vegetação, descritos anteriormente, foram determinados a partir de valores médios de níveis de cinza obtidos de uma amostra de área alocada sobre as culturas da soja e de milho, e, para a extração dos níveis de cinza, utilizou-se o SITIM-150.

A obtenção dos níveis de cinza foi feita através

TABELA 1. Características dos dados orbitais.

| Satélite | Sensor | Órbita/<br>ponto | Bandas<br>utiliz. | Data de<br>aquisição | Nível de<br>correção<br>geométrica | Ang. de<br>visada | Ang. de<br>elv. solar |
|----------|--------|------------------|-------------------|----------------------|------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| LANDSAT  | TM     | 221/71           | 3,4               | 01.02.89             | BULK                               | 0                 | 51                    |
| SPOT     | HRV/XS | 710/382          | 2,3               | 01.02.89             | 1B                                 | +13               | 61                    |

do posicionamento do cursor (dispositivo do SITIM-150 que permite registrar áreas com diferentes tamanhos) sobre as áreas de soja e de milho. Neste procedimento, tomou-se o cuidado de observar a resolução espacial dos sensores TM (30 m x 30 m) e do XS (20 m x 20 m) de tal forma a amostrar a mesma área tanto em tamanho quanto em posicionamento. O tamanho da área amostrada pelo cursor foi de 3,60 ha. Os níveis de cinza foram obtidos utilizando o programa MAXVER (Máxima Verossimilhança), (Velasco et al. 1978).

A amostra da área consistiu de 20 unidades alocadas sobre as culturas da soja e do milho, respectivamente.

Sabe-se que: a) a informação espectral da área de estudo, obtida pelo SPOT/XS foi realizada com um ângulo de inclinação de + 13 graus; b) há uma defasagem de tempo entre o registro das informações espectrais obtidas pelos dois satélites; c) existe uma diferença no ângulo de elevação solar da ordem de 10 graus e; d) as faixas espectrais das bandas equivalentes, nos dois sensores, não são exatamente as mesmas. Entretanto, neste trabalho, internacionalmente, nenhuma correção foi efetuada, pois, o objetivo maior foi verificar o conteúdo das informações sobre os dados orbitais tais como foram fornecidos.

Como seqüência a este estudo, outra pesquisa está sendo realizada no INPE, no intuito de comparar esses resultados com aqueles que deverão ser obtidos posteriormente, levando em consideração os problemas supra citados.

A análise dos resultados foi feita com base na correlação entre índices de vegetação iguais, porém, obtidos de sensores diferentes.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Fig. 1 a 3 mostram, graficamente, a correlação entre índices de vegetação iguais, provenientes de sistemas sensores diferentes, obtidos sobre as culturas da soja e do milho.

Observando ainda as Fig. 1 a 3 nota-se que os índices de vegetação obtidos para a cultura da soja foram numericamente maiores para os três índices estudados. Isto era esperado devido ao aumento da cobertura do solo, quando comparado ao milho, o que acarretou maior refletância da energia no comprimento de onda do infravermelho próximo – como consequência das múltiplas reflexões das camadas de fo-

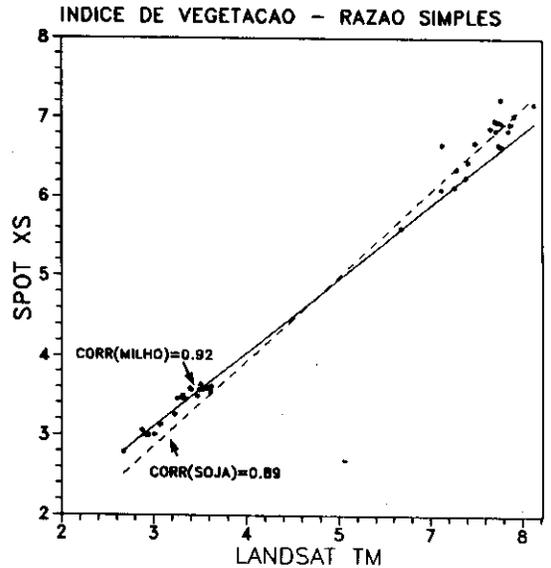


FIG. 1. Correlação entre índices de vegetação (Razão Simples) para as culturas da soja e do milho.

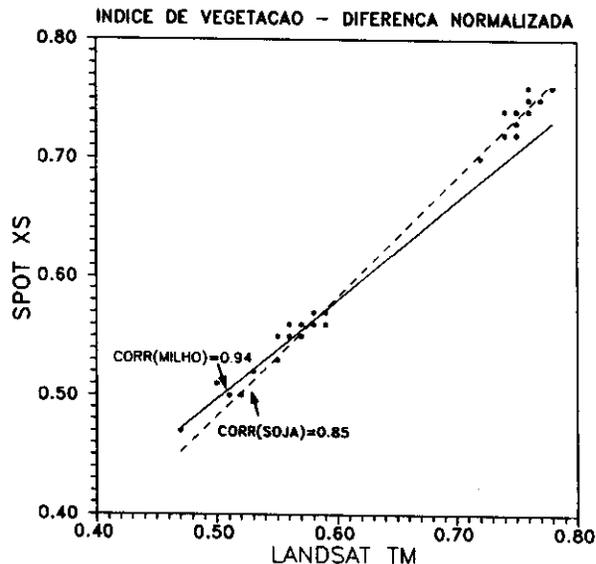


FIG. 2. Correlação entre índices de vegetação (Diferença Normalizada) para as culturas da soja e do milho.

lha -, e menor reflexão no comprimento de onda do visível (correspondente à faixa do vermelho) inerente à maior presença de clorofila, responsável pela absorção desta energia. Tal fato foi anteriormente observado por Ru-

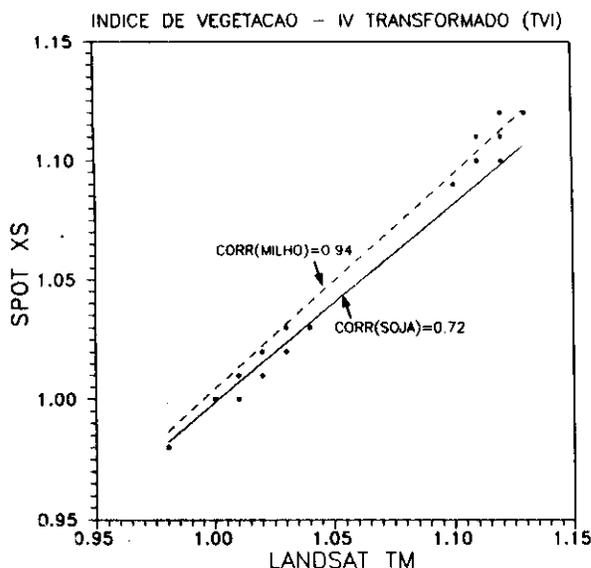


FIG. 3. Correlação entre índices de vegetação (Índice de vegetação Transformado) para as culturas da soja e do milho.

dorff (1985) ao determinar índices de vegetação para a cana-de-açúcar, ao longo do ciclo da cultura.

As Tabelas 2 e 3 resumizam, em forma de matriz, os resultados das correlações obtidas entre índices de vegetação obtidos para as culturas da soja e do milho.

Apesar das características de obtenção dos dados do SPOT/XS, conforme descrito anteriormente, observa-se nas Tabelas 2 e 3 que a correlação foi muito boa entre índices iguais, tanto para a cultura da soja quanto para a do milho, apesar de verificar uma menor correlação do índice de vegetação transformado, no caso da cultura da soja. Tal fato era esperado, pois, segundo Jackson et al. (1983) este índice mostrou-se mais apropriado quando empregado em cultura com menor cobertura do solo.

É interessante observar que estes resultados mostram, indiretamente, uma boa correlação do conteúdo de informação espectral entre bandas semelhantes dos sistemas sensores estudados.

Dentro deste ponto de vista, pode-se dizer que estes resultados concordam com os observados por Chaves Junior & Howell (1988)

TABELA 2. Matriz de correlação entre índices de vegetação obtidos com dados do LANDSAT/TM e SPOT/XS para a cultura da soja.

| SPOT/XS<br>LANDSAT/TM | RS   | ND   | TVI  |
|-----------------------|------|------|------|
| RS                    | 0,89 |      |      |
| ND                    | ---  | 0,85 |      |
| TVI                   | ---  | ---  | 0,72 |

TABELA 3. Matriz de correlação entre índices de vegetação obtidos com dados do LANDSAT/TM e SPOT/XS para a cultura do milho.

| SPOT/XS<br>LANDSAT/TM | RS   | ND   | TVI  |
|-----------------------|------|------|------|
| RS                    | 0,92 |      |      |
| ND                    | ---  | 0,94 |      |
| TVI                   | ---  | ---  | 0,94 |

comparando o conteúdo de informação espectral de dados do LANDSAT/TM e SPOT/HRV, em três lugares diferentes, nas regiões de Phoenix e Arizonas, onde mostraram uma alta correlação entre as bandas TM3 versus XS2 e TM4 versus XS3.

É interessante também, observar nas Fig. 1 a 3 que os índices de vegetação provenientes dos dados do LANDSAT/TM foram, em geral, ligeiramente superiores àqueles obtidos com o SPOT/XS. Essa diferença pode estar associada aos diferentes ângulos de elevação solar, ângulo de visada do sensor SPOT/XS (+13 graus) e faixas espectrais de atuação do TM e do XS para as bandas estudadas. Entretanto, como foi dito anteriormente, outro estudo está sendo conduzido no INPE, que leva em consideração as diferenças no ângulo de elevação solar e de visada dos sensores, onde se espera, explicarão essas diferenças observadas.

Todavia, pode-se considerar os resultados obtidos foram bastante encorajadores e satis-

fatórios, tendo em vista o objetivo do trabalho que foi comparar índices de vegetação obtidos de dados brutos sem nenhuma correção.

### CONCLUSÕES

1. Apesar de não ter sido feita a correção, e apesar do ângulo de elevação solar e de imageamento do sensor SPOT/XS (+13 graus), os índices de vegetação estudados apresentaram resultados bastante correlacionados entre si.

2. A menor correlação verificada foi para o índice de vegetação transformado (0,72), determinada sobre a cultura da soja. Isto demonstra que este índice é mais apropriado para culturas que apresentam menor cobertura do solo, como é o caso do milho.

3. De modo geral, os índices de vegetação obtidos a partir dos dados de LANDSAT/TM foram ligeiramente maiores do que os provenientes do SPOT/XS. Entretanto, tal fato deve estar relacionado com as condições de coleta dos dados do SPOT/XS.

4. À medida que houve maior incremento do índice de área foliar (como é o caso da soja), obtiveram-se maiores valores para os índices de vegetação, evidenciando assim o efeito das múltiplas reflexões das camadas de folhas na região do infravermelho próximo.

### REFERÊNCIAS

BATISTA, G.T.; RUDORFF, B.F.T.; OVIEDO, A.F.P. **Resposta espectral da soja e sua relação com parâmetros agrônômicos**. São José dos Campos: INPE, 1989. (INPE-4832-PRE/1462).

CHAVES JUNIOR, S.; BOWELL, A. Comparison of the spectral information content of LAND-

SAT Thematic Mapper and SPOT for three different sites in the Phoenix, Arizona region. **Photogrammetric engineering and remote sensing**, v.54, n.12, p.1699-1708, Dec. 1988.

GUIDE des Utilisateurs de Données SPOT: manual de reference. [S.l.]: CNES, 1986. v.1.

JACKSON, R.D.; SLATER, P.N.; PINTER, P.J. Discrimination of growth and water stress in wheat by various vegetations indices though clear and turbid atmosphere. **Remote Sensing of Environment**, v.13, n.3, p.187-208, 1983.

RUDORFF, B.F.T. **Dados do LANDSAT na estimativa da produtividade agrícola de cana-de-açúcar**. São José dos Campos: INPE, 1985. (INPE-3744-TDL/202).

RUDORFF, B.F.T.; BATISTA, G.T. **Estimativa da produtividade agrícola de cana-de-açúcar através de um modelo agrometeorológico espectral**. São José dos Campos: INPE, 1989.

RUDORFF, B.F.T.; BATISTA, G.T.; BERTOLUCCI, L.C.; FREITAS, E.S. **Teste de um modelo de estimativa de produtividade do trigo através de dados de radiometria de campo na região de Assis/SP**. São José dos Campos: INPE, 1990.

RUDORFF, B.F.T.; BATISTA, G.T.; GODOY JÚNIOR, M.; STEFFEN, C.A.; SÁ, L.R. de; OVIEDO, A.E.P.; FREITAS, E.S. de; BERTOLUCCI, C.L.B.; ZIMBARCK, C.R.; PIS-SILIATE JÚNIOR, E.; AZENHA, A.C.; PIS-SILIATE, S. **Relatório da campanha de medidas radiométricas do trigo na região de Assis, SP - Safra 1988**. São José dos Campos: INPE, 1989. (INPE-4949-RPE/598).

SITIM-150: Manual do usuário. São José dos Campos: INPE, 1989.

VELASCO, F.R.D.; PRADO, L.O.C.; SOUZA, R.C.M. **Sistema MAXVER: Manual do usuário**. São José dos Campos: INPE, 1978. (INPE-1315-NTI/110).